

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-313259

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/205

C30B 29/38

H01L 33/00

H01S 5/343

(21)Application number : 2000-130434

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD

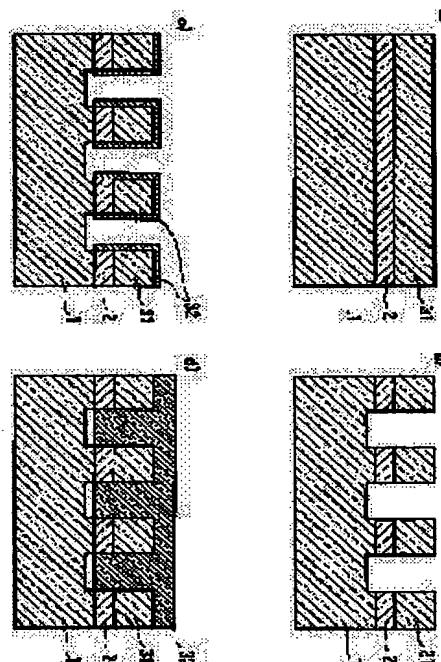
(22)Date of filing : 28.04.2000

(72)Inventor : KOIKE MASAYOSHI
NAGAI SEIJI
TEZENI YUUTA**(54) METHOD FOR PRODUCING III NITRIDE BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR SUBSTRATE AND SEMICONDUCTOR ELEMENT**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a III nitride based compound semiconductor substrate in which through dislocation is suppressed.

SOLUTION: A GaN layer 31 is etched into insular spots, stripes or lattice and provided with a level difference and the bottom part is formed to become the recess of an original substrate 1. Using the upper surface and the side face at the upper stage of level difference as nuclei, GaN 32 is grown epitaxially in the lateral direction and the upper part of the lower stage of level difference (recess of the original substrate 1) is filled before GaN 32 is also grown epitaxially above. Upper part of the part where GaN 32 is grown epitaxially in the lateral direction may be a region where propagation of through dislocation in the GaN layer 31 is suppressed. The remaining GaN layer 31 is removed by etching along with the upper layer GaN 32 and when GaN 33 is grown epitaxially using the upper surface and the side face at the upper stage of the remaining GaN layer 32 as nuclei, a GaN substrate 30 in which through dislocation is suppressed significantly can be obtained. The GaN substrate 30 can be separated easily when the contact area (GaN layer 31) with the original substrate 1 is decreased.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

일본공개특허공보 특개2001-313259호 사본1부.

[첨부그림 1]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-313259

(P2001-313259A)

(43) 公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	P 1	キーワード(参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 G 0 7 7
C 3 0 B 29/38		C 3 0 B 29/38	D 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 6 P 0 4 5
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 5/343	6 P 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-130434(P2000-130434)

(22) 出願日 平成12年4月26日(2000.4.26)

(71) 出願人 000241463
豊田合成株式会社
愛知県西春日井郡春日町大字南台字長畑1番地

(72) 発明者 小池 正好
愛知県西春日井郡春日町大字南台字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 永井 誠二
愛知県西春日井郡春日町大字南台字長畑1番地 豊田合成株式会社内

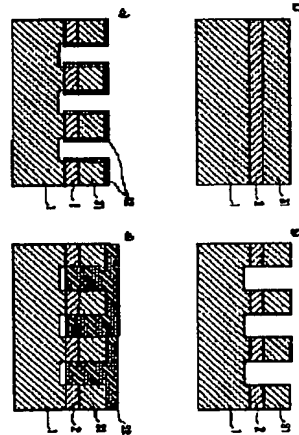
(74) 代理人 100087723
弁護士 藤谷 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 I I I 族窒化物系化合物半導体基板の製造方法及び半導体素子

【課題】 意通転位を抑制したI I I族窒化物系化合物半導体基板を提供すること。

【解決手段】 GaN層31を点状、ストライプ状又は格子状等の形状にエッチングして意通転位を設け、底部を、元基板1の凹部となるよう形成する。こうして、意通転位の上端の上面及び側面を移として、GaN32を横方向エピタキシャル成長させることで意通転位の下段(元基板1の凹部)上方を覆ったもの、さらに上方にも成長させる。このときGaN32が横方向エピタキシャル成長した部分の上部は、GaN層31が有する意通転位の伝播が抑制された領域とすることができる。こののち残ったGaN層31を上層のGaN32とともにエッチングして除去し、残ったGaN32の上段の上面及び側面を移として、GaN33を横方向エピタキシャル成長させれば、意通転位の著しく抑制されたGaN基板30を得ることができる。GaN基板30は元基板1との接界面(GaN層31)を小さくしておけば、分離が容易である。



【특許請求의範圍】

【請求項 1】 元基板の上にIII族窒化物系化合物半導体をエ피タキシャル成長させ、元基板から分離することによりIII族窒化物系化合物半導体基板を得るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、少なくとも1層のIII族窒化物系化合物半導体から成り、最上層を第1のIII族窒化物系化合物半導体とする基板層を前記元基板上に形成する工程と、前記基板層と前記元基板表面の少なくとも一部とをエッチングにより削り、点状、ストライプ状又は格子状等の島状態とし、前記基板層に前記基板層の形成された上段と、前記基板層の形成されていない、元基板面の凹部である下段との段差を設ける第1の段差形成工程と、前記エッチングにより形成された点状、ストライプ状又は格子状等の島状態の前記第1のIII族窒化物系化合物半導体の島差の上段の上面及び側面を移として、第2のIII族窒化物系化合物半導体を覆及び横方向エ피タキシャル成長させて島差の下段上方を充填すると共に島差の上段を覆う第1の横方向エ피タキシャル成長工程と、前記第1の段差形成工程でエッチングされなかった第1のIII族窒化物系化合物半導体とする基板層の、一部を除いてその他全部を、上層の第2のIII族窒化物系化合物半導体と前記元基板表面の少なくとも一部とともにエッチングにより除き、残った第2のIII族窒化物系化合物半導体の上段と、前記第2のIII族窒化物系化合物半導体形成されていない、元基板面の凹部である下段との段差を設ける第2の段差形成工程と、前記エッチングにより形成された前記第2のIII族窒化物系化合物半導体の第2の島差の上段の上面及び側面を移として、第3のIII族窒化物系化合物半導体を覆及び横方向エ피タキシャル成長させて島差の下段上方を充填すると共に島差の上段を覆う第2の横方向エ피タキシャル成長工程と、元基板及び前記第2の段差形成工程で除かれなかった前記基板層を除いて、第2のIII族窒化物系化合物半導体と第3のIII族窒化物系化合物半導体から成る基板を得る工程とを有することを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体の製造方法。

【請求項 2】 元基板上にIII族窒化物系化合物半導体をエ피タキシャル成長させ、元基板から分離することによりIII族窒化物系化合物半導体基板を得るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、少なくとも1層のIII族窒化物系化合物半導体から成り、最上層を第1のIII族窒化物系化合物半導体とする基板層を前記元基板上に形成する工程と、前記基板層をエッチングにより削り、点状、ストライプ状又は格子状等の島状態とし、前記元基板の面を底部に露出させるよう段差を設ける第1の段差形成工程と、第1の段差形成工程で形成された島差の底部に、上面が前記最上層の上面よりも低い位置となる厚さで第1のマスクを形成する第1マスク形成工程と、

前記エッチングにより形成された点状、ストライプ状又は格子状等の島状態の前記第1のIII族窒化物系化合物半導体の島差の上段の上面及び側面を移として、第2のIII族窒化物系化合物半導体を覆及び横方向エ피タキシャル成長させて島差の底部の前記第1のマスク上方を充填すると共に島差の上段を覆う第1の横方向エ피タキシャル成長工程と、前記第1の段差形成工程でエッチングされなかった第1のIII族窒化物系化合物半導体とする基板層の露出部分を、上層の第2のIII族窒化物系化合物半導体とともにエッチングにより除き、残った第2のIII族窒化物系化合物半導体を上段として前記元基板の面を底部に露出させるよう段差を設ける第2の段差形成工程と、第1の段差形成工程で形成された島差の底部に、上面が前記第2のIII族窒化物系化合物半導体の上面よりも低い位置となる厚さで第2のマスクを形成する第2マスク形成工程と、前記エッチングにより形成された前記第2のIII族窒化物系化合物半導体の第2の島差の上段の上面及び側面を移として、第3のIII族窒化物系化合物半導体を覆及び横方向エ피タキシャル成長させて島差の底部の前記第2のマスク上方を充填すると共に島差の上段を覆う第2の横方向エ피タキシャル成長工程と、前記第1、第2のマスクをウェットエッチングにより除くマスク除去工程と、元基板を除いて、第2のIII族窒化物系化合物半導体と第3のIII族窒化物系化合物半導体から成る基板を得る工程とを有することを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体の製造方法。

【請求項 3】 前記マスクは、その上にIII族窒化物系化合物半導体のエ피タキシャル成長が阻害される物質から成ることを特徴とする請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体の製造方法。

【請求項 4】 前記第1及び第2の段差の側面は、露出部分が(11-20)面であることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法。

【請求項 5】 前記第1のIII族窒化物系化合物半導体と前記第2のIII族窒化物系化合物半導体とが同組成であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法。

【請求項 6】 前記第2のIII族窒化物系化合物半導体と前記第3のIII族窒化物系化合物半導体とが同組成であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法。

【請求項 7】 請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法によ

리製造したIII族窒化物系化合物半導体基板に形成されたことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。
 【請求項 8】 請求項 1乃至請求項 6のいずれか 1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法により製造したIII族窒化物系化合物半導体素子。異なるIII族窒化物系化合物半導体層を積層することにより得られることを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【0001】

【発明の課題と発明の概要】本発明は、III族窒化物系化合物半導体基板の製造方法に関する。特に、横方向エピタキシャル成長（ELO）成長を用いる、III族窒化物系化合物半導体基板の製造方法に関する。本発明により製造されたIII族窒化物系化合物半導体基板は、他の半導体基板同様、半導体素子形成のための基板として有用である。尚、III族窒化物系化合物半導体とは、例えばAlN、GaN、InNのような2元素、AlxGa1-xN、AlxIn1-xN、GaxIn1-xN（いずれも0<x<1）のような3元素、AlxGayIn1-x-yN（0<x<1, 0<y<1, 0<x+y<1）の4元素を包括した一般式AlxGayIn1-x-yN（0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1）で表されるものがある。なお、本明細書においては、特に断らない限り、単にIII族窒化物系化合物半導体と言う場合は、伝導型をp型あるいはn型にするための不純物がドーパされたIII族窒化物系化合物半導体をも含んだ表現とする。

【従来の技術】

【0002】III族窒化物系化合物半導体は、例えば発光素子とした場合、発光スペクトルが紫外から赤色の広範囲に渡る直接遷移型の半導体であり、発光ダイオード（LED）やレーザーダイオード（LD）等の発光素子に適用されている。また、そのバンドギャップが広いため、他の半導体を用いた素子よりも高温において安定した動作を期待できることから、FET等トランジスタへの応用も盛んに開発されている。また、ヒ素（As）を主成分としていないことで、環境面からも様々な半導体素子一般への開発が期待されている。このIII族窒化物系化合物半導体では、通常、サファイアを基板として用い、その上に形成している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、サファイア基板上にIII族窒化物系化合物半導体を形成すると、サファイアとIII族窒化物系化合物半導体との格子定数のミスマッチにより転位が発生し、このため素子特性が良くないという問題がある。このミスマッチによる転位は半導体層を縦方向（基板面に垂直方向）に貫通する貫通転位であり、III族窒化物系化合物半導体中に109cm⁻²程度の転位が伝播してしまうという問題がある。これは組成の異なるIII族窒化物系化合物半導体各層を最上層まで伝播する。これにより例えば発光素子の

場合、LEDの閾値電流、LED及びLEDの素子寿命などの素子特性が良くならないという問題があった。また、他の半導体素子としても、欠陥により電子が散乱することから、移動度（モビリティ）の低い半導体素子となるにとどまっていた。これらは、他の基板を用いる場合も同様であった。

【0004】これについて、図9の模式図で説明する。図9は、基板91と、その上に形成されたバッファ層92と、更にその上に形成されたIII族窒化物系化合物半導体層93を示したものである。基板91としてはシリコン（Si）など、バッファ層92としては窒化アルミニウム（AlN）などが従来用いられている。窒化アルミニウム（AlN）のバッファ層92は、サファイア基板91とIII族窒化物系化合物半導体層93とのミスマッチを緩和させる目的で設けられているものであるが、それでも転位の発生を阻止することはできない。この転位発生点900から、縦方向（基板面に垂直方向）に貫通転位901が伝播し、それはバッファ層92、III族窒化物系化合物半導体層93をも貫いていく。こうして、III族窒化物系化合物半導体層93の上層に、所望の様々なIII族窒化物系化合物半導体層を積層して半導体素子形成しようとする、III族窒化物系化合物半導体層93の表面に達した転位902から、半導体素子を貫通転位が更に縦方向に伝播していくこととなる。このように、従来の技術では、III族窒化物系化合物半導体層を形成する際、転位の伝播を阻止できないという問題があった。

【0005】異種の化合物から成る元基板を用いてIII族窒化物系化合物半導体層を厚く形成し、元基板を除去することによりIII族窒化物系化合物半導体基板を得ることも可能である。いわゆるELO、Fenderoなどと称されるものもこれにあたる。しかし、この場合元基板からのIII族窒化物系化合物半導体基板の剥離が決して容易ではなく、実用的とは言えなかった。

【0006】本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、貫通転位の発生を抑制したIII族窒化物系化合物半導体基板を容易に製造することである。また、その貫通転位の発生を抑制したIII族窒化物系化合物半導体基板を用いた半導体素子を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、請求項 1に記載の発明は、元基板上にIII族窒化物系化合物半導体をエピタキシャル成長させ、元基板から分離することによりIII族窒化物系化合物半導体基板を得るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、少なくとも1層のIII族窒化物系化合物半導体から成り、最上層を第1のIII族窒化物系化合物半導体とする基板層を前記元基板上に形成する工程と、前記基板層と前記元基板表面の少なくとも一部とをエッチングにより削り、点状、ストライプ状又は格子状等の島状態と

し、前記基板面に前記基板層の形成された上段と、前記基板層の形成されていない、元基板面の凹部である下段との段差を設ける第1の段差形成工程と、前記エッチングにより形成された点状、ストライプ状又は格子状等の島状部の前記第1の111族窒化物系化合物半導体の終端の上段の上面及び側面を移として、第2の111族窒化物系化合物半導体を縦及び横方向エピタキシャル成長させて段差の下段上方を充填すると共に段差の上段を覆う第1の横方向エピタキシャル成長工程と、前記第1の段差形成工程でエッチングされなかった第1の111族窒化物系化合物半導体とする基板層の、一部を除いてその他全部を、上層の第2の111族窒化物系化合物半導体と前記元基板表面の少なくとも一部とともにエッチングにより除去、残った第2の111族窒化物系化合物半導体の上段と、前記第2の111族窒化物系化合物半導体形成されていない、元基板面の凹部である下段との段差を設ける第2の段差形成工程と、前記エッチングにより形成された前記第2の111族窒化物系化合物半導体の第2の段差の上段の上面及び側面を移として、第3の111族窒化物系化合物半導体を縦及び横方向エピタキシャル成長させて段差の下段上方を充填すると共に段差の上段を覆う第2の横方向エピタキシャル成長工程と、元基板及び前記第2の段差形成工程で除かれなかった前記基板層を除いて、第2の111族窒化物系化合物半導体と第3の111族窒化物系化合物半導体から成る基板を得る工程とを有することを特徴とする。尚、本明細書で基板層とは、単層の111族窒化物系化合物半導体層を少なくとも1層含む多層層を一括して表現するために用いる。また、ここで島状部とは、エッチングにより形成された段差の上段の様子を概念的に言うものであって、必ずしも各々が分離した領域を言うものでなく、ウエハ上全体をストライプ状又は格子状に形成するなどのように極めて広い範囲において段差の上段が連続していても良いものとする。また、段差の側面とは必ずしも基板面及び111族窒化物系化合物半導体表面に対して垂直となるものを言うものでなく、斜めの面でも良い。この際、段差の底部に底面の無い、断面がV字状のものでも良い。また、「上方を充填する」とは、そこに空隙が無いように完全に充填するという意味ではなく、空隙があっても良い。その空隙は、両側からのエピタキシャル成長面に原料が供給されないまま成長が終わることによる空隙、基板面と111族窒化物系化合物半導体とのギャップその他であっても良い。これらは特に言及されない限り以下の請求項でも同様とする。

【0008】また、請求項2に記載の発明は、元基板上に111族窒化物系化合物半導体をエピタキシャル成長させ、元基板から分離することにより111族窒化物系化合物半導体基板を得る111族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、少なくとも1層の111族窒化物系化合物半導体から成り、最上層を第1の111族窒化物系

化合物半導体とする基板層を前記元基板上に形成する工程と、前記基板層をエッチングにより削り、点状、ストライプ状又は格子状等の島状部とし、前記元基板の面を底部に露出させるよう段差を設ける第1の段差形成工程と、第1の段差形成工程で形成された段差の底部に、上面が前記最上層の上面よりも低い位置となる厚さで第1のマスクを形成する第1マスク形成工程と、前記エッチングにより形成された点状、ストライプ状又は格子状等の島状部の前記第1の111族窒化物系化合物半導体の段差の上段の上面及び側面を移として、第2の111族窒化物系化合物半導体を縦及び横方向エピタキシャル成長させて段差の底部の前記第1のマスク上方を充填すると共に段差の上段を覆う第1の横方向エピタキシャル成長工程と、前記第1の段差形成工程でエッチングされなかった第1の111族窒化物系化合物半導体とする基板層の端全部を、上層の第2の111族窒化物系化合物半導体とともにエッチングにより除去、残った第2の111族窒化物系化合物半導体を上段として前記元基板の面を底部に露出させるよう段差を設ける第2の段差形成工程と、第1の段差形成工程で形成された段差の底部に、上面が前記第2の111族窒化物系化合物半導体の上面よりも低い位置となる厚さで第2のマスクを形成する第2マスク形成工程と、前記エッチングにより形成された前記第2の111族窒化物系化合物半導体の第2の段差の上段の上面及び側面を移として、第3の111族窒化物系化合物半導体を縦及び横方向エピタキシャル成長させて段差の底部の前記第2のマスク上方を充填すると共に段差の上段を覆う第2の横方向エピタキシャル成長工程と、前記第1、第2のマスクをウェットエッチングにより除くマスク除去工程と、元基板を除いて、第2の111族窒化物系化合物半導体と第3の111族窒化物系化合物半導体から成る基板を得る工程とを有することを特徴とする。

【0009】また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の111族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、前記マスクは、その上に111族窒化物系化合物半導体のエピタキシャル成長が阻害される物質から成ることを特徴とする。

【0010】また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の111族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、第1及び第2の段差の側面は、端全部が(11-20)面であることを特徴とする。

【0011】また、請求項5に記載の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の111族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、第1の111族窒化物系化合物半導体と第2の111族窒化物系化合物半導体とが同組成であることを特徴とする。尚、ここで同組成とは、ドーパ濃度の差(モル比1パーセント未満の差)は無視するものとする。

【0012】また、請求項6に記載の発明は、請求項1

乃至請求項5のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法において、第2のIII族窒化物系化合物半導体と第3のIII族窒化物系化合物半導体とが同組成であることを特徴とする。ここにおいても、同組成とは、ドーパ濃度の差(モル比1パーセント未満の差)は無視するものとする。

〔0013〕また、請求項7に記載の発明は、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法により製造したIII族窒化物系化合物半導体基板に形成されたことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子である。

〔0014〕更に請求項6に記載の発明は、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法により製造したIII族窒化物系化合物半導体基板に、異なるIII族窒化物系化合物半導体層を積層することにより得られることを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子である。

〔0015〕

〔作用及び発明の効果〕本発明のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法の概略を図1乃至図4を参照しながら説明する。尚、図1、図3では、元基板1及びバッファ層2を有する図を示しているが、本発明は、縦方向に貫通孔位を有する第1のIII族窒化物系化合物半導体から、エッチングと横方向エピタキシャル成長を2回繰り返すことにより、縦方向の貫通孔位の縮減されたIII族窒化物系化合物半導体基板を得るものであり、バッファ層2は本発明に必須の要素ではない。以下、元基板1面上に、バッファ層2を介して形成された、縦方向(基板面に垂直方向)に貫通孔位を有する第1のIII族窒化物系化合物半導体層31を用いて本発明を適用する例で、本発明の作用効果の要部を説明する。

〔0016〕図1の(a)のように、第1のIII族窒化物系化合物半導体層31を元基板1面上に、バッファ層2を介して形成する。次に図1の(b)のように、点状、ストライプ状又は格子状等の島状状態にエッチングし、第1の段差を設け、底部に元基板1の凹部が露出するよう形成する。こうして、第2のIII族窒化物系化合物半導体32を縦及び横方向エピタキシャル成長させることで、元基板1の凹部の上方を元填しつつ、上方にも成長させることができる。このとき第2のIII族窒化物系化合物半導体32が横方向エピタキシャル成長した部分の上部は、III族窒化物系化合物半導体層31が有する貫通孔位の位相が抑制される(図1の(c)、(d))。即ち段差の側面を核として横方向成長する部分は、貫通孔位が縦方向に伝播しない。また、第1のIII族窒化物系化合物半導体層31はバッファ層2を介して元基板1に強く結合しているものの、第2のIII族窒化物系化合物半導体32と元基板1とは直接には接触する部分が全くないが極めて小さいので、強く結合してはいない。即ち、

第2のIII族窒化物系化合物半導体32の元基板1の凹部上方に形成された部分は元基板1から直接応力を受けることは無い。

〔0017〕次に、第1の段差として残っていた第1のIII族窒化物系化合物半導体層31及びバッファ層2を、その上層の第2のIII族窒化物系化合物半導体32とともにエッチングする。この時、元基板1をも削って凹部を形成する。また、横方向エピタキシャル成長した第2のIII族窒化物系化合物半導体32及びその上部を第2の段差として残す(図2の(e))。なお、図2の(e)では示していないが、一部第1のIII族窒化物系化合物半導体層31をウエハ上に残し、そこと接続したままにしておくことで、図2の(e)のように広い範囲で第2のIII族窒化物系化合物半導体32を浮上させたかのような状態に置くことができる。この時、第2の段差を形成した第2のIII族窒化物系化合物半導体32には貫通孔位が著しく抑制されている。こうして、貫通孔位が著しく抑制された第2のIII族窒化物系化合物半導体32から成る第2の段差の上段及び側面を核として、第3のIII族窒化物系化合物半導体33を縦及び横方向成長させる(図2の(f))。すると、第3のIII族窒化物系化合物半導体33は、縦方向に伝播する貫通孔位がほとんど無い状態でエピタキシャル成長する。第3のIII族窒化物系化合物半導体33と元基板1との接触は、第2のIII族窒化物系化合物半導体32と元基板1との接触同様、ほとんど無いので、第3のIII族窒化物系化合物半導体33の元基板1の凹部上方に形成された部分は元基板1から直接応力を受けることは無い。こうして第3のIII族窒化物系化合物半導体33を厚く形成した(図2の(e))後、元基板1を除去すれば、貫通孔位がほとんど無いIII族窒化物系化合物半導体基板30を得ることができる(図2の(h))。元基板1とIII族窒化物系化合物半導体基板30の接触面は、第3の段差形成時に残した第1のIII族窒化物系化合物半導体層31及びバッファ層2の部分のみであり、極めて狭い。よって、その部分について、元基板1ごと切除するが、或いは、第1のIII族窒化物系化合物半導体層31及びバッファ層2から成る部分と、元基板1の凹部上方に形成された第2のIII族窒化物系化合物半導体32及び第3のIII族窒化物系化合物半導体33とを切断すれば、容易に貫通孔位がほとんど無いIII族窒化物系化合物半導体基板30を得ることができる。尚「基板層の一部を除いてその他全部を削く」とは、製造上の簡便さから、一部貫通孔位の残った部分を含まないことを示すものである。また、当然、エッチングと縦及び横方向エピタキシャル成長を3回以上繰り返すことによって基板層が殆ど全部除去された後III族窒化物系化合物半導体基板を得ることも、或いは、第3のIII族窒化物系化合物半導体33を厚く形成する際第4のIII族窒化物系化合物半導体を用いることも、又はエピタキシャル方法を切り換え

ることも、本願発明に含まれる(以上請求項1)。

【0018】上述の構成では、元基板1との接触を減らすために元基板1を削って凹部を形成したが、図3及び図4に示すように、元基板1面を露出させてマスク41、42を形成し、最終段階で(図4の(c)のもの)そのマスクをウエットエッチングにより除去することで、III族窒化物系化合物半導体基板と元基板1との間に空隙を形成しても良い(請求項2)。この時、マスクが、その上にIII族窒化物系化合物半導体のエピタキシャル成長が阻害される物質から成るならば、エピタキシャル成長中及びその後、III族窒化物系化合物半導体がマスクを介して元基板1から応力を受けることを完全に無くすることができる(請求項3)。

【0019】上記の様な逆(横方向エピタキシャル成長は、III族窒化物系化合物半導体層31の底面の側面が(11-20)面であるとき容易に実現可能である(請求項4)。このとき例えば横方向エピタキシャル成長中の成長面の少なくとも上部を(11-20)面のまま保つことができる。また、第1のIII族窒化物系化合物半導体と第2のIII族窒化物系化合物半導体とが同組成であるならば、逆(横方向エピタキシャル成長は容易に実現可能である(請求項5)。これは第2のIII族窒化物系化合物半導体と第3のIII族窒化物系化合物半導体とが同組成であるときも同様である(請求項6)。

【0020】以上のような方法により、元基板1から容易に剥離させて、貫通孔位のほとんど無いIII族窒化物系化合物半導体基板30を得ることができる。尚、図1乃至図4では基板面に垂直な側面を持つ底面を形成するものを示したが、本発明はこれに限られず、底面の側面は斜めの面でも良い。第1の底面形成と第2の底面形成の組み合わせにより最終的に第1のIII族窒化物系化合物半導体層31とパッド層2が除去されればよく、一方の底面形成において底面の底部に底面の無い、断面がV字状のものでも良い。これらは以下の説明でも同様である。

【0021】上記の工程で得られたIII族窒化物系化合物半導体基板に素子を形成することで、欠陥の少ない、移動度の大きい層を有する半導体素子とすることができる(請求項7)。

【0022】上記の工程で得られたIII族窒化物系化合物半導体基板に発光素子を形成することで、素子寿命、或いはしむの閉値の改善された発光素子とすることができる(請求項8)。

【0023】

【発明の実施の形態】図1乃至図4に本発明のIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法の実施の形態の一例の概略を示す。元基板1と、パッド層2と、第1のIII族窒化物系化合物半導体層31とを形成し(図1の(e))、トレンチ状にエッチングをする(図1の(b))。この際、エッチングにより底面が生じ、エッ

チングされなかった面を上縁として、側面が形成され、底面の底部として元基板1面に凹部を形成する。側面は例えば(11-20)面である。次に横方向エピタキシャル成長する条件で、第1の底面の側面及び上面を移して第2のIII族窒化物系化合物半導体32のエピタキシャル成長を行う。有機金属成長法を用いれば、成長面を(11-20)面に保ったまま横方向エピタキシャル成長が容易に可能である。こうして、底面の横方向成長が生じるならば、第2のIII族窒化物系化合物半導体32のその部分については、貫通孔位が低減しない(図1の(c))。こうして、底面の両側面の横方向成長がエッチングされた部分を埋めるよう、エッチング形状と横方向エピタキシャル成長条件とを設定することで、エッチングされた上部の第2のIII族窒化物系化合物半導体32には貫通孔位が抑制された領域を形成することができる(図1の(d))。その後、第1の底面を形成した第1のIII族窒化物系化合物半導体31とパッド層2を、その上層の第2のIII族窒化物系化合物半導体32と、元基板1の表面ともにエッチングして除去し、貫通孔位の抑制された第2のIII族窒化物系化合物半導体32から成る第2の底面を形成する(図2の(e))。なお、図2の(e)では示していないが、一部第1のIII族窒化物系化合物半導体層31をウエハ上に残し、そこと接されたままにしておくことで、図2の(e)のように広い範囲で第2のIII族窒化物系化合物半導体32を浮上させたかのような状態に置くことができる。こうして貫通孔位の抑制された第2のIII族窒化物系化合物半導体32から成る第2の底面の上面及び側面を核として、第3のIII族窒化物系化合物半導体33を縦及び横方向エピタキシャル成長させれば(図2の(f))、第3のIII族窒化物系化合物半導体33の層は貫通孔位のほとんど無い層とすることができる。こうして第3のIII族窒化物系化合物半導体33を厚く形成した後(図2の(g))、元基板1を除去して、III族窒化物系化合物半導体基板30を得ることができる(図3の(h))。III族窒化物系化合物半導体基板30と元基板1の接触面は、第2の底面形成時に残した第1のIII族窒化物系化合物半導体31とパッド層2のみであるので、この部分を切除するが、この部分と第2のIII族窒化物系化合物半導体32及び第3のIII族窒化物系化合物半導体33とを切断することで、尚、図3及び図4のように、III族窒化物系化合物半導体41、42を、それぞれ第1の底面形成時の底面の底部、第2の底面形成時の底面の底部に設けることで同様にIII族窒化物系化合物半導体基板30容易に得ることができる。尚、マスク41、42はウエットエッチ等により除去可能なものがより望ましい。

【0024】基底層としては、元基板1上に形成されたパッド層、及びこのパッド層上にエピタキシャル成

長したIII族窒化物系化合物半導体層を1周期として、複数周期形成された層を使用するものでも良い。いずれも最底の下段として元素板1面を露出させ、その上方に形成されるIII族窒化物系化合物半導体層32は、主に該等の上段の最上層のIII族窒化物系化合物半導体層31を核とした横方向エピタキシャル成長により形成され、縦方向に伝播する異進転位の抑制された領域とすることが出来る。

【0025】上記の発明の実施の形態としては、次の中からそれぞれ選択することが出来る。

【0026】元素板上にIII族窒化物系化合物半導体を順次は層を形成する場合は、元素板としてはサファイア、シリコン(Si)、炭化ケイ素(SiC)、スピネル(MgAl₂O₄)、ZnO、In₂O₃その他の無機結晶基板、リン化ガリウム又は窒化ガリウムのようなIII-V族化合物半導体あるいは異進転位を有する窒化ガリウム(GaN)その他のIII族窒化物系化合物半導体等を用いることが出来る。

【0027】III族窒化物系化合物半導体層を形成する方法としては有機金属気相成長法(MOCVD又はMOVPE)が好ましいが、分子線気相成長法(MBE)、ハライド気相成長法(Halide VPE)、液相成長法(LPE)等を用いても良く、各層を各々異なる成長方法で形成しても良い。

【0028】例えばサファイア基板を元素板として、III族窒化物系化合物半導体を積層する際、結晶性良く形成させるため、サファイア基板との格子不整合を是正すべくバッファ層を形成することが好ましい。他の基板を元素板として使用する場合もバッファ層を設けることが望ましい。バッファ層としては、低温で形成させたIII族窒化物系化合物半導体A_{1-x}Ga_xYn_{1-n}-x-yH (0≦x≦1, 0≦y≦1, 0≦x+y≦1)、より好ましくはAl_{1-x}Ga_{1-x}H (0≦x≦1) が用いられる。このバッファ層は単層でも良く、組成等の異なる多重層としても良い。バッファ層の形成方法は、380〜420℃の低温で形成するものでも良く、逆に1000〜1180℃の範囲で、MOCVD法で形成しても良い。また、DCマグネトロンスパッタ装置を用いて、高純度金属アルミニウムと窒素ガスを原料として、リアクティブスパッタ法によりAlNから成るバッファ層を形成することも出来る。同様に一般式A_{1-x}Ga_xYn_{1-n}-x-yH (0≦x≦1, 0≦y≦1, 0≦x+y≦1、組成比は任意)のバッファ層を形成することが出来る。更には熱蒸法、イオンレーティング法、レーザアブレーション法、ECR法を用いることが出来る。物理蒸着法によるバッファ層は、200〜600℃で行うのが望ましい。さらに望ましくは300〜500℃であり、さらに望ましくは350〜450℃である。これらのスパッタリング法等の物理蒸着法を用いた場合には、バッファ層の厚さは、100〜3000Åが望ましい。さらに望ましくは、100〜400Åが望ましく、最も望ましくは、100〜300Åである。多重層としては、例えばAl_{1-x}Ga_{1-x}H (0≦x≦1) から成る層とGaN層とを交互に形成する。組成の同じ層を形成温度を例えば600℃以下と1000

℃以上として交互に形成する方法がある。勿論、これらを組み合わせても良く、多重層は3種以上のIII族窒化物系化合物半導体A_{1-x}Ga_xYn_{1-n}-x-yH (0≦x≦1, 0≦y≦1, 0≦x+y≦1) を積層しても良い。一般的には緩衝層は非晶質であり、中間層は結晶である。緩衝層と中間層を1周期として複数周期形成しても良く、繰り返しは任意周期で良い。繰り返しは多いほど結晶性が良くなる。

【0029】バッファ層及び上層のIII族窒化物系化合物半導体は、III族元素の組成の一部は、ホロン(B)、タリウム(Tl)で置き換えても、また、窒素(N)の組成一部をリン(P)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)で置き換えても本発明を實質的に適用できる。また、これら元素を組成に示さない層のドーピングをしたものでも良い。例えば組成にインジウム(In)、ヒ素(As)を有しないIII族窒化物系化合物半導体であるAl_{1-x}Ga_{1-x}H (0≦x≦1) に、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)よりも原子半径の大きなインジウム(In)、又は窒素(N)よりも原子半径の大きなヒ素(As)をドーピングすることで、窒素原子の抜けによる結晶の拡張歪みを圧縮歪みで補償し結晶性を良くしても良い。この場合はアクセプタ不純物がIII族原子の位置に容易に入るため、p型結晶をアズロンで得ることも出来る。このようにして結晶性を良くすることで本願発明と合わせて更に異進転位を100乃至1000分の1程度にまで下げることが出来る。バッファ層とIII族窒化物系化合物半導体層とが2周期以上で形成されている基底層の場合、各III族窒化物系化合物半導体層に主たる構成元素よりも原子半径の大きな元素をドーピングすると更に良い。なお、III族窒化物系化合物半導体基板を得た後、発光素子として構成する場合は、本来III族窒化物系化合物半導体の2元素、若しくは3元素を用いることが望ましい。

【0030】n型のIII族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等IV族元素又はVI族元素を添加することが出来る。また、p型不純物としては、Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等II族元素又はIV族元素を添加することが出来る。これらを複数或いはn型不純物とp型不純物を同一層にドーピングしても良い。こうして任意の伝導度を有するn型又はp型のIII族窒化物系化合物半導体基板を得ることが出来る。

【0031】横方向エピタキシャル成長としては成長面が元素板に垂直となるものが望ましいが、元素板に対して斜めのファセット面のまま成長するものでも良い。この際、最底の底部に底面の無い、断面がV字状のものである。

【0032】横方向エピタキシャル成長としては、横方向エピタキシャル成長面の少なくとも上部と元素板面とは垂直であることがより望ましく、更にはいずれもIII族窒化物系化合物半導体の{111-20}面であること

가より望ましい。

【0033】エッチングする際は、深さと幅の関係を適切なものとし、横方向エピタキシャル成長により差がえられるように段差を設ける。

【0034】元基板の上に積層するIII族窒化物系化合物半導体層の結晶軸方向が予想できる場合は、III族窒化物系化合物半導体層のa面（{11-20}面）又はm面（{1-100}面）に垂直となるようストライプ状にマスク或いはエッチングを施すことが有用である。なお、島状、格子状等に、上記ストライプ及びマスクを任意に設計して良い。横方向エピタキシャル成長面は、元基板面に垂直なもの他、元基板面に対し斜めの角度の成長面でも良い。III族窒化物系化合物半導体層のa面として（11-20）面を横方向エピタキシャル成長面とするには例えばストライプの長手方向はIII族窒化物系化合物半導体層のm面である（1-100）面に垂直とする。例えば元基板をサファイアのa面又はe面とする場合は、どちらもサファイアのm面がその上に形成されるIII族窒化物系化合物半導体層のa面と通常一致するので、これに合わせてエッチングを施す。点状、格子状その他の島状とする場合も、餘部（側壁）を形成する面が{11-20}面とすることが望ましい。

【0035】エッチングマスクは、多結晶シリコン、多結晶窒化物半導体等の多結晶半導体、酸化珪素(SiO₂)、窒化珪素(Si₃N₄)、酸化チタン(TiO₂)、酸化ジルコニウム(ZrO₂)等の酸化物、窒化物、チタン(Ti)、タンタム(Ta)等のような高融点金属、これらの多層膜をもちいることができる。これらの成膜方法は蒸着、スパッタ、CVD等の気相成長法その他、任意である。このマスクは横方向エピタキシャル成長の際に除去しても、また残したままマスクを覆うよう横方向エピタキシャル成長させても良い。但し除去した方が横方向エピタキシャル成長させるIII族窒化物系化合物半導体の結晶性は良くなる。また、マスクを残した場合、マスク膜の内部で転位が発生する恐れもある。

【0036】エッチングをする場合は反応性イオンエッチング(RIE)が望ましいが、任意のエッチング方法を用いることができる。元基板面に垂直な側面を有する段差を形成するのでないものとして、異方性エッチングにより例えば段差の底部に底面の無い、断面がV字状のものを形成しても良い。

【0037】段差の底部のマスクは、ウエットエッチできるものならばいずれでもよく、上記のエッチング用マスクで示したものを使用できる。また、段差の底部のマスクのウエットエッチの方法も任意である。例えば段差の底部のマスクとして二酸化ケイ素を使用した場合ハウエットエッチとしてフッ酸系エッチャントが使用できる。

【0038】上記の真通転位のほとんど無いIII族窒化物系化合物半導体基板にFET、発光素子等の半導体素

子を形成することができる。発光素子の場合、発光層は多重量子井戸構造(MQW)、単一量子井戸構造(SQW)の他、ホモ構造、ヘテロ構造、ダブルヘテロ構造のものが考えられるが、pin構造或いはpn構造等により形成しても良い。

【0039】上述の、真通転位のほとんど無いIII族窒化物系化合物半導体基板を、元基板1と分離する方法としては、剥離の他、メカノケミカルポリッシングその他任意である。本発明によるIII族窒化物系化合物半導体基板は、より大きなIII族窒化物系化合物半導体結晶を形成するための基板として用いることができる。

【0040】以下、発明の具体的な実施例に基づいて説明する。素子の実施例として発光素子をあげるが、本発明は下記実施例に限定されるものではなく、任意の素子に適用できるIII族窒化物系化合物半導体基板の製造方法を開示している。

【0041】本発明のIII族窒化物系化合物半導体は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と示す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア(NH₃)とキャリアガス(H₂又はN₂)とトリメチルガリウム(Ga(CH₃)₃、以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム(Al(CH₃)₃、以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム(In(CH₃)₃、以下「TMI」と記す)、シクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C₅H₅)₂、以下「Cp₂Mg」と記す)である。

【0042】(第1実施例)本実施例の工程を図1及び図2に示す。有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とし、多結晶のサファイア基板1上に、温度を400℃まで低下させて、H₂を10L/min、NH₃を5L/min、TMGを20μmol/minで約8分間供給してAINのバッファ層2を約40nmの厚さに形成した。次に、サファイア基板1の温度を1000℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを300μmol/minで導入し、膜厚約1μmのGaIn層3を形成した(図1の(a))。

【0043】ハードベークレジストマスクを使用して、反応性イオンエッチング(RIE)を用いた選択ドライエッチングにより、幅10μm、間隔10μm、深さ約1.2μmのストライプ状にエッチングした。これにより、GaIn層3とバッファ層2の幅10μm、深さ約1μmの上部と、深さ0.2μmのサファイア基板1の凹部とが交互に形成された(図1の(b))。この時、深さ1μmの段差を形成する側面は、GaIn層3の{11-20}面とした。

【0044】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを2μmol/minで導入し、GaIn層3の深さ1μmの段差を形成する側面である{11-20}面を核としてGaIn層3を横方向エピタキシャル成長により形成した。初期段階において、段差の上面の縦方向エピタキシャル成長は少なかった。(図1の(c))。こうして主に{11-20}面を成長面とする横方向エピタキシャル成長により段差が

められ、表面が平坦となった。GaIn層31及びGaIn層32の膜厚は合計約1.5 μm であった(図1の(d))。

【0043】次に、ハードベークレジストマスクを使用して、反応性イオンエッチング(RIE)を用いた選択ドライエッチングにより、幅10 μm 、間隔10 μm 、深さ約1.7 μm のストライプ状にエッチングして、GaIn層31とバッファ層3を上層のGaIn層32、サファイア基板1面とともに完全に除去した(図2の(e))。この概略を概念図として図5に示す。即ち、図5の(a)が、図1の(b)の平面図に対応し、Bと示したところがサファイア基板1の凹部が形成されたところである。また、図5の(b)が、図2の(e)の平面図に対応し、Aと示したところがサファイア基板1の凹部が露出したところである。尚、図5の(b)に示した通り、GaIn層31を周辺部に残した(図2の(e)には図示されていない)。

【0046】これにより、GaIn層32の幅10 μm 、長さ約1.5 μm の上縁と、幅10 μm 、深さ0.2 μm のサファイア基板1の凹部とが交互に形成された(図2の(e))。この時、深さ1.5 μm の段差を形成する側面は、GaIn層32の{11-20}面とした。

【0047】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを2 $\mu\text{mol/min}$ で導入し、GaIn層32の深さ1.5 μm の段差を形成する側面である{11-20}面を仮としてGaIn層33を横方向エピタキシャル成長により形成した。初期段階において、段差の上面の縦方向エピタキシャル成長は少なかった。(図2の(f))。こうして主に{11-20}面を成長面とする横方向エピタキシャル成長により段差が埋められ、表面が平坦となった。このうち、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを300 $\mu\text{mol/min}$ で導入し、GaIn層33を成長させ、GaIn層32とGaIn層33とを合計300 μm の厚さとした(図2の(c))。このうちGaIn層32とGaIn層33とから成るGaIn基板30を、GaIn層31(図5の(c)参照)の残った部分との境界でダイシングによりサファイア基板1とほとんど分離し、サファイア基板1から分離して得た(図2の(h))。GaIn基板30は、真通転位がほとんど無かった。

【0048】(第2実施例)本実施例の工程を図3及び図4に示す。有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とし、単結晶のサファイア基板1上に、温度を400℃まで低下させて、H₂を10L/min、NH₃を5L/min、TMGを20 $\mu\text{mol/min}$ で約3分間供給して614のバッファ層2を約40nmの厚さに形成した。次に、サファイア基板1の温度を1000℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを300 $\mu\text{mol/min}$ で導入し、膜厚約1 μm のGaIn層31を形成した。

【0049】ハードベークレジストマスクを使用して、反応性イオンエッチング(RIE)を用いた選択ドライエッチングにより、幅10 μm 、間隔10 μm 、深さ約1 μm の

ストライプ状にエッチングした。これにより、GaIn層31とバッファ層2の幅10 μm 、長さ約1 μm の上縁と、幅10 μm の露出したサファイア基板1面とが交互に形成された(図3の(a))。この時、深さ1 μm の段差を形成する側面は、GaIn層31の{11-20}面とした。

【0050】次に、一様に二酸化シリコン膜(SiO₂)をスパッタで形成した。その後、レジストを塗布してフォトリソグラフィ工程を経て、その二酸化シリコン膜を露す部分にレジストを残し、レジストで覆われていない部分をウエットエッチングした。これにより、図3(b)に示す構造の、マスク41を有するウエハが得られた。

【0051】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを2 $\mu\text{mol/min}$ で導入し、GaIn層31の深さ1 μm の段差を形成する側面である{11-20}面を仮としてGaIn層32を横方向エピタキシャル成長により形成した。初期段階において、段差の上面の縦方向エピタキシャル成長は少なかった。(図3の(c))。こうして主に{11-20}面を成長面とする横方向エピタキシャル成長により段差が埋められ、表面が平坦となった。GaIn層31及びGaIn層32の膜厚は合計約1.5 μm であった(図3の(d))。

【0052】次に、ハードベークレジストマスクを使用して、反応性イオンエッチング(RIE)を用いた選択ドライエッチングにより、幅10 μm 、間隔10 μm 、深さ約1.5 μm のストライプ状にエッチングして、GaIn層31とバッファ層2を上層のGaIn層32とともに完全に除去した。これにより、GaIn層32の幅10 μm 、長さ約1.5 μm の上縁と、幅10 μm の露出したサファイア基板1面とが交互に形成された。この時、深さ1.5 μm の段差を形成する側面は、GaIn層32の{11-20}面とした。次に、一様に二酸化シリコン膜(SiO₂)をスパッタで形成した。その後、レジストを塗布してフォトリソグラフィ工程を経て、その二酸化シリコン膜を露す部分にレジストを残し、レジストで覆われていない部分をウエットエッチングした。これにより、SiO₂マスク42を有するウエハが得られた(図4の(e))。ここまでの概略は第1実施例と同様であり、概念図として図5に示す。即ち、図5の(a)が、図3の(b)の平面図に対応し、Bと示したところがサファイア基板1面にSiO₂マスク41を形成したところである。また、図5の(b)が、図4の(e)の平面図に対応し、Aと示したところがサファイア基板1面にSiO₂マスク42を形成した露出したところである。尚、図5の(b)に示した通り、作業性を考慮してGaIn層31を周辺部に残した(図4の(e)には図示されていない)。

【0053】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを2 $\mu\text{mol/min}$ で導入し、GaIn層32の深さ1.5 μm の段差を形成する側面である{11-20}面を仮としてGaIn層33を横方向エピタキシャル成長により形成した。初期段階において、

て、段差の上面の縦方向エピタキシャル成長は少なかった。(図4の(f))。こうして主に{11-20}面を成長面とする横方向エピタキシャル成長により段差が埋められ、表面が平坦となった。このうち、H₂を20L/min、NH₃を10L/min、TMGを390μmol/minを注入し、GaH層33を成長させた。GaH層32とGaH層33とを合計300μmの厚さとした(図4の(g))。次に、フッ酸系ウェットエッチングにより、SiO₂マスク41及び42を除去した。このうちGaH層32とGaH層33とから成るGaH基板30を、GaH層31(図5の(c)参照)の残った部分との境界でダイシングによりサファイア基板1ととも分離し、サファイア基板1から分離して得た(図4の(h))。GaH基板30は、真遷転位がほとんど無かった。

【0054】(第3実施例) 本実施例では、第1の実施例でGaH層32とGaH層33の形成時にシリシ(SiH₄)を供給して得られたn型GaH基板101を用いた。n型GaH基板101上に温度1150℃で、H₂を10L/min、NH₃を10L/min、TMGを100μmol/min、THMを10μmol/min、H₂ガスにより0.86ppmに希釈されたシリシ(SiH₄)を0.2μmol/minで供給し、膜厚2μmのシリシ(Si)ドーパのAl_{0.15}Ga_{0.85}Nから成るn-Al_{0.15}Ga_{0.85}N層102を形成した。この上にシリシ(Si)ドーパのGaHから成るnガイド層103、Mg-Mn補添の発光層104、マグネシウム(Mg)ドーパのGaHから成るpガイド層105、マグネシウム(Mg)ドーパのAl_{0.08}Ga_{0.92}Nから成るpクラッド層106、マグネシウム(Mg)ドーパのGaHから成るpコンタクト層107を形成した。次にpコンタクト層107上に金(Au)から成る電極108Aを、n型GaH基板101表面にアルミニウム(Al)から成る電極108Bを形成した(図6)。レーザダイオード(LED)100は、真遷転位のほとんど無いn型GaH基板101に形成されており、レーザダイオード(LED)100は量子寿命及び発光効率が著しく向上した。

【0055】(第4実施例) 本実施例でも基板としてn型GaH基板を用いた。n型GaH基板201にn-Al_{0.15}Ga_{0.85}N層202、発光層203、マグネシウム(Mg)ドーパのAl_{0.15}Ga_{0.85}Nから成るpクラッド層204を形成した。次にpクラッド層204上に金(Au)から成る電極205Aを、シリシ(Si)ドーパのGaHから成るp-AlGaHクラッド層201表面にアルミニウム(Al)から成る電極205Bを形成した(図7)。このようにして形成した発光ダイオード(LED)200は量子寿命及び発光効率が著しく向上した。

【0056】(エッチングの変形) また、図8は、3組の{11-20}面により、島状に段差の上段を形成す

る例である。図8の(a)は、3組の{11-20}面で形成される外周をも示しているが、これは理解のための簡略化した模式図であり、実際には島状の段差の上段はウエハ当たり数千万個形成して良い。図8の(a)では、島状の段差の上段に対し、おきの底部Bは3倍の面積を有する。図8の(b)では、島状の段差の上段に対し、段差の底部Eは6倍の面積を有する。

【図1】本発明の第1の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造工程の前半を示す断面図。

【図2】本発明の第1の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造工程の後半を示す断面図。

【図3】本発明の第2の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造工程の前半を示す断面図。

【図4】本発明の第2の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体基板の製造工程の後半を示す断面図。

【図5】第1、第2のIII族窒化物系化合物半導体のエッチングと、形成される第2、第3のIII族窒化物系化合物半導体基板の例を示す模式図。

【図6】本発明の第3の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図。

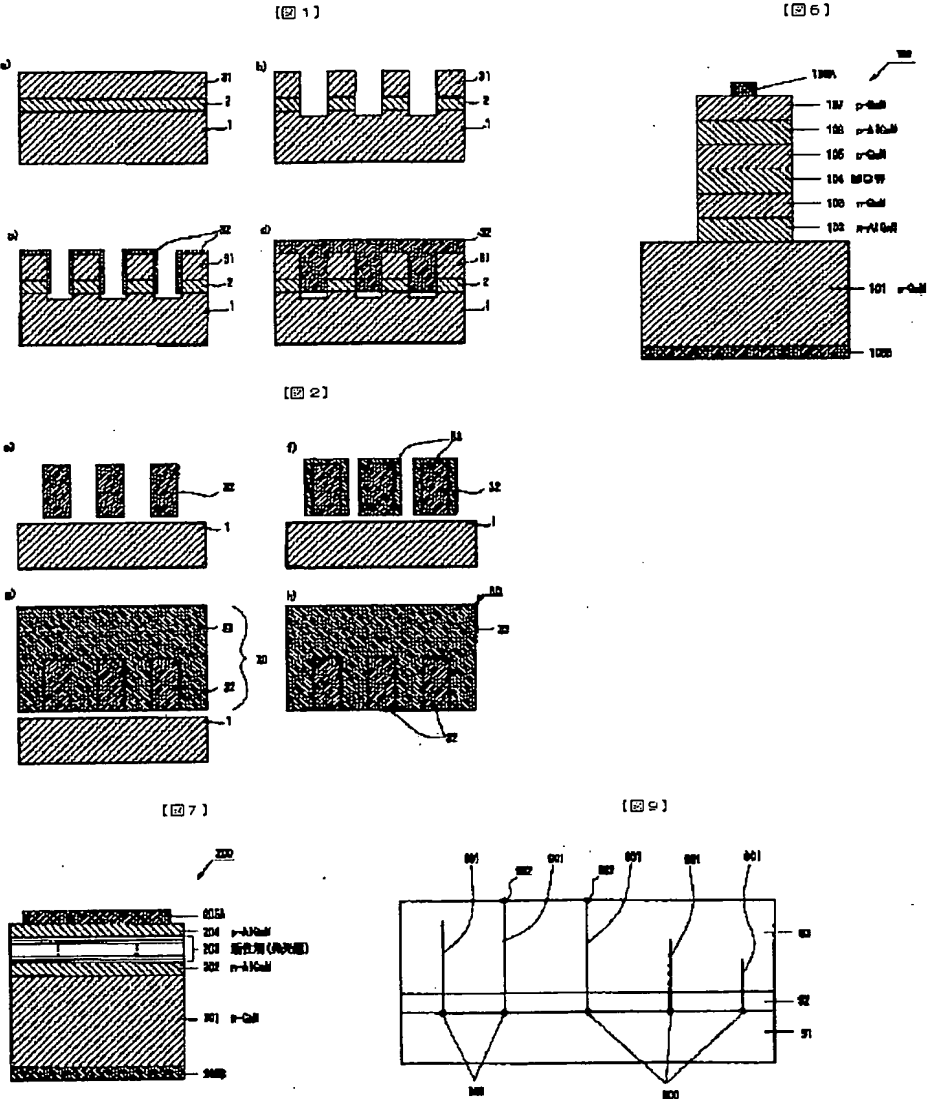
【図7】本発明の第4の実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図。

【図8】第1のIII族窒化物系化合物半導体のエッチングの別の例を示す模式図。

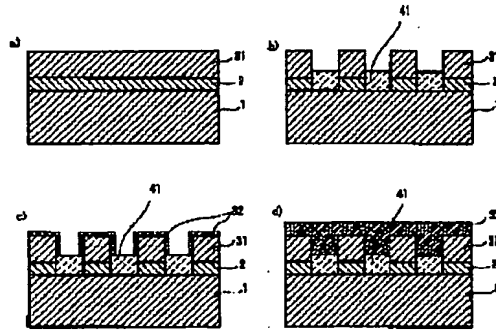
【図9】III族窒化物系化合物半導体を伝搬する真遷転位を示す断面図。

【符号の説明】

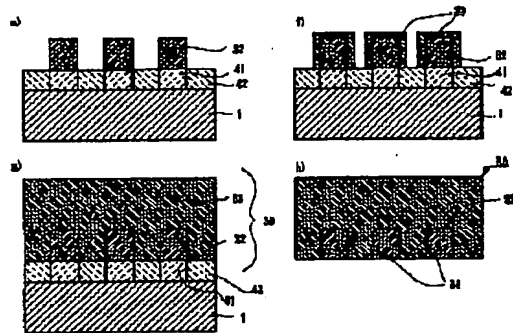
- 1 元基板
- 2 パッド層
- 30 III族窒化物系化合物半導体基板
- 31 第1のIII族窒化物系化合物半導体(層)
- 32 第2のIII族窒化物系化合物半導体(層)
- 33 第3のIII族窒化物系化合物半導体(層)
- 41, 42 SiO₂マスク
- 101, 201 n-GaH基板
- 102, 202 n-AlGaHクラッド層
- 103 n-GaHガイド層
- 104, 203 発光層
- 105 p-GaHガイド層
- 106, 204 p-AlGaHクラッド層
- 107 p-GaH層
- 108A, 205A p電極
- 108B, 205B n電極



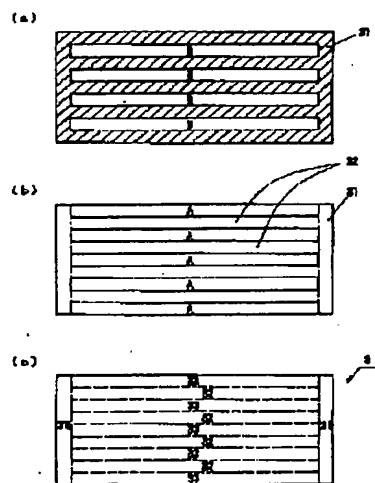
[圖 3]



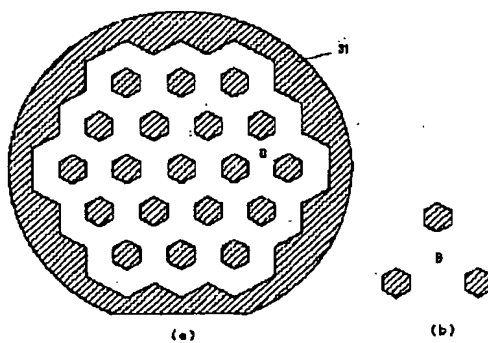
[圖 4]



[圖 5]



[圖 6]



[첨부그림 14]

フロントページの続き

(72)発明者 平野 雄太
宮城県西宮町井部春日町大字瑞吉字長塚1
番地 豊田合成株式会社内

Fターム(参考) 4G077 AA03 BE15 DE08 EF03
SF041 AA00 AA02 CA04 CA05 CA34
CA40 LA05 CA74
SF045 AA04 AA05 AB09 AB14 AB17
AC08 AD14 AF03 BE12 DA53
HA13
SF073 AA45 AA74 CA07 CE02 CE05
CE07 DA05 DA07 DA25 DA35
EA29

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.